









Tema : Carbón activado

José Luis Pérez Talavera

Las Palmas 29 de Octubre a 13 de Noviembre de 2.021

Historia

- Antes de lo que ahora conocemos como carbón activado, ya se empleaba el carbón vegetal como adsorbente.
- Los primeros usos tienen lugar en aplicaciones médicas.
- 1500 a.C. Se encontró un papiro en Tebas donde se explica el uso del carbón vegetal como adsorbente en prácticas médicas.

Historia

- En el año 400 a.C., Hipócrates recomienda filtrar el agua con carbón vegetal para eliminar malos olores y sabores y para prevenir enfermedades.
- En 1793, el Dr. D.M. Kehl utiliza el carbón vegetal para mitigar los olores emanados por la gangrena.
- En 1794, en Inglaterra, se utilizó como agente decolorante en la industria del azúcar.
- En 1872 aparecen las primeras máscaras con filtros de carbón activo.

Historia

- R. Von Ostrejko, considerado el inventor del carbón activo, en 1901 patentó dos métodos diferentes para producir carbón activo.
- La Primera Guerra Mundial, y el uso de agentes químicos durante esta contienda, trajeron como consecuencia la necesidad urgente de desarrollar filtros de carbón activado para máscaras de gas.

Carbón activado

El carbón activado es un material de carbón que se prepara en la industria para que tenga una elevada superficie interna y así poder adsorber (retener sobre su superficie) una gran cantidad de compuestos muy diversos, tanto en fase gaseosa como en disolución.

- Son dos las características fundamentales en las que se basan las aplicaciones del carbón activado: elevada capacidad y baja selectividad de retención.

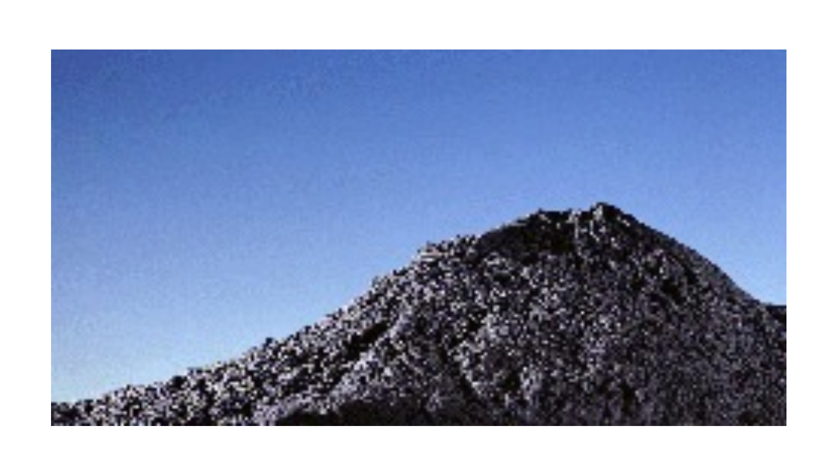
Formas en que se encuentra

- Carbón activado en polvo (CAP) y carbón activado granular (CAG).
- Los CAP siendo los tamaños típicos entre 15 y 25 µm.
- Los CAG presentan un tamaño medio entre 1 y 5 mm.
  - Carbón activado troceado (o sin forma). Carbón activado conformado (o con una forma específica, cilindros, discos, etc.).
- Existen otras formas, como las fibras de carbón activadas, las telas y los filtros de carbón activado, las estructuras monolíticas, las membranas de carbón, etc.

Carbón activo



Carbón activo





Carbón activado granular - CAG

- El CAG es un material con una grandísima cantidad de poros, (Micro, meso y macro poros), usado para remover materia orgánica, metales pesados y restos de desinfectantes presentes en el agua.
- Esta acción no solo mejora el sabor y minimiza problemas de salud, sino que protege a otros tratamientos de agua tales como sistemas de membranas e intercambio iónico, de un posible daño de oxidación o de ensuciamiento orgánico.

Carbón activado granular - CAG

* Otra ventaja es que actúa sin añadir nada al agua.
* Los micro poros (5 a 1.000 Angstrom), son a menudo mas pequeños que una molécula.

Los materiales mas comunes para fabricarlo son:

- Carbón
- Cascara de coco
- Madera
- Lignito
- Coque de petróleo

Carbón activado granular - CAG

* La cascara de coco, genera mayor cantidad de micro poros, lo que la hace mas idónea para remover materia orgánica de bajo peso molecular y sub productos de la cloración.
* La madera tiene mas macro poros por lo que es mejor para remover materia orgánica grande y eliminar color.
* El carbón origina una estructura intermedia, idóneo para una remoción de tipo general.

Carbón activado granular - CAG

* El área de un gramo de carbón activo es de alrededor de 1.000 m^2.
* Es esta grandísima área superficial la que origina su poder de adsorción.
* Son dos los mecanismos principales bajo los cuales trabaja el carbón activo para eliminar contaminantes:
* Adsorción y reducción catalítica.
* La materia orgánica es removida por el mecanismo de adsorción y los residuos de desinfectante lo son por reducción catalítica.

Activación

- La activación es el mecanismo que convierte un material carbonoso en carbón activado y que origina una red de poros, con una distribución de formas y tamaños que depende del material original y del proceso de fabricación.

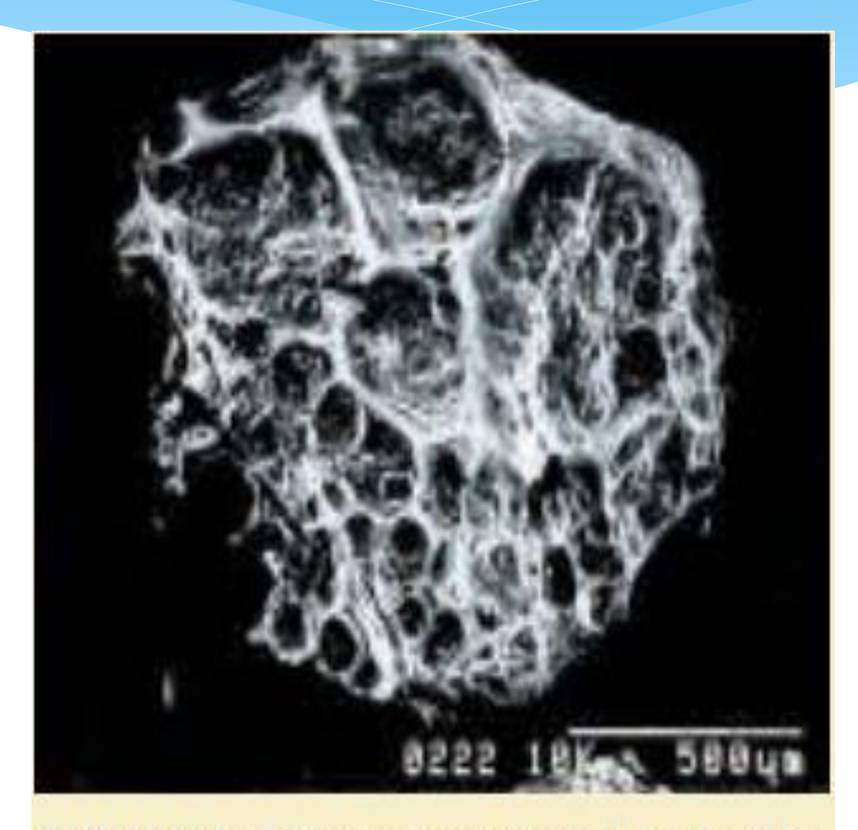


FIGURE 1. This micrograph shows a particle of activated carbon, with pores of varying sizes and shapes

Procesos de activación

- Activación gaseosa
- Activación química

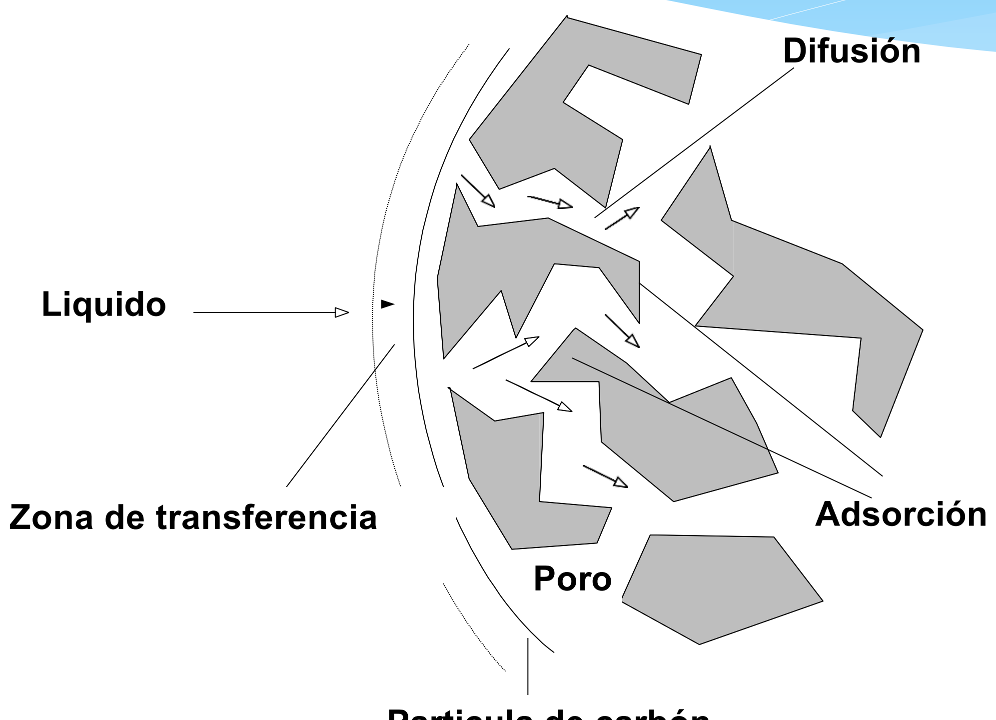
Activación gaseosa

- Carbonización del material a 400–500˚C para eliminar la materia volátil, seguido de una gasificación parcial a 800–1.000˚C.
- Se usa un gas ligeramente oxidante, como vapor de agua con CO_2
- Al desgasificarse el material de carbón, se forma el esqueleto altamente poroso con la gran superficie interior.
- Las reacciones que ocurren son:
- $C + H_2O = CO + H2$
- $C + 2H_2O = CO2 + 2H2$

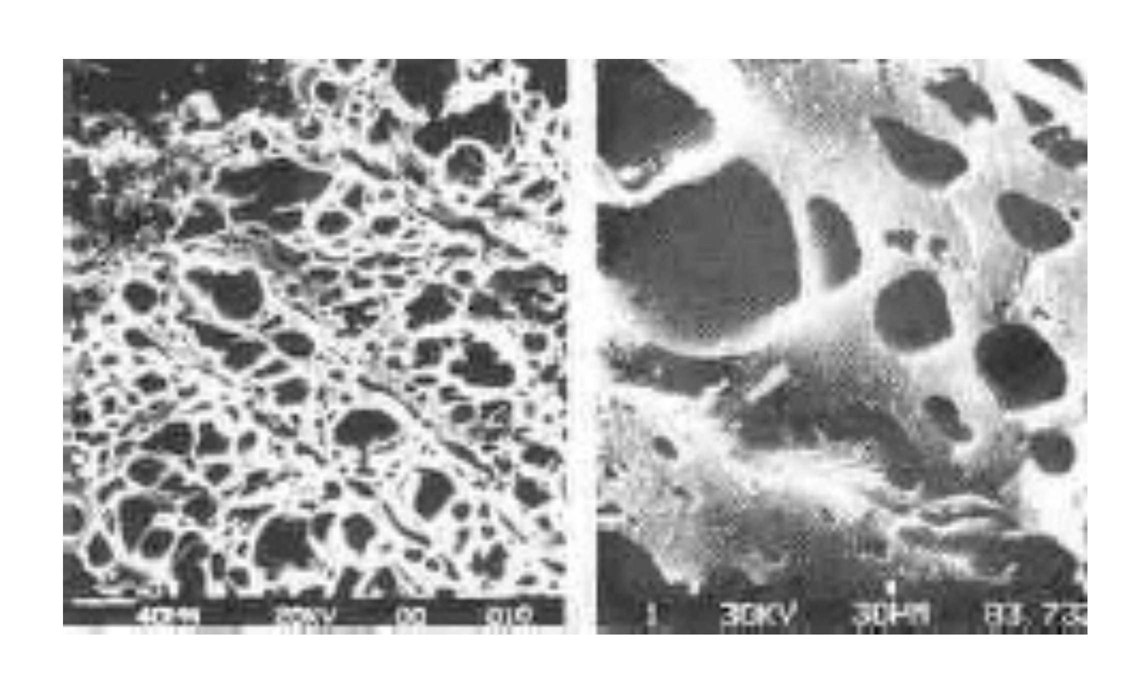
Activación química

- El material carbonoso se trata con oxidantes o deshidratantes y se calienta entre 400 y 800˚C.

- Los agentes activantes (Cloruro de zinc, acido fosfórico y otros) se recuperan para su re-uso.


Difusión
Liquido
Zona de transferencia
Adsorción
Poro
Particula de carbón

Poros



Aplicaciones

Las tres principales aplicaciones en fase liquida son:

Tratamiento de agua potable (37%)

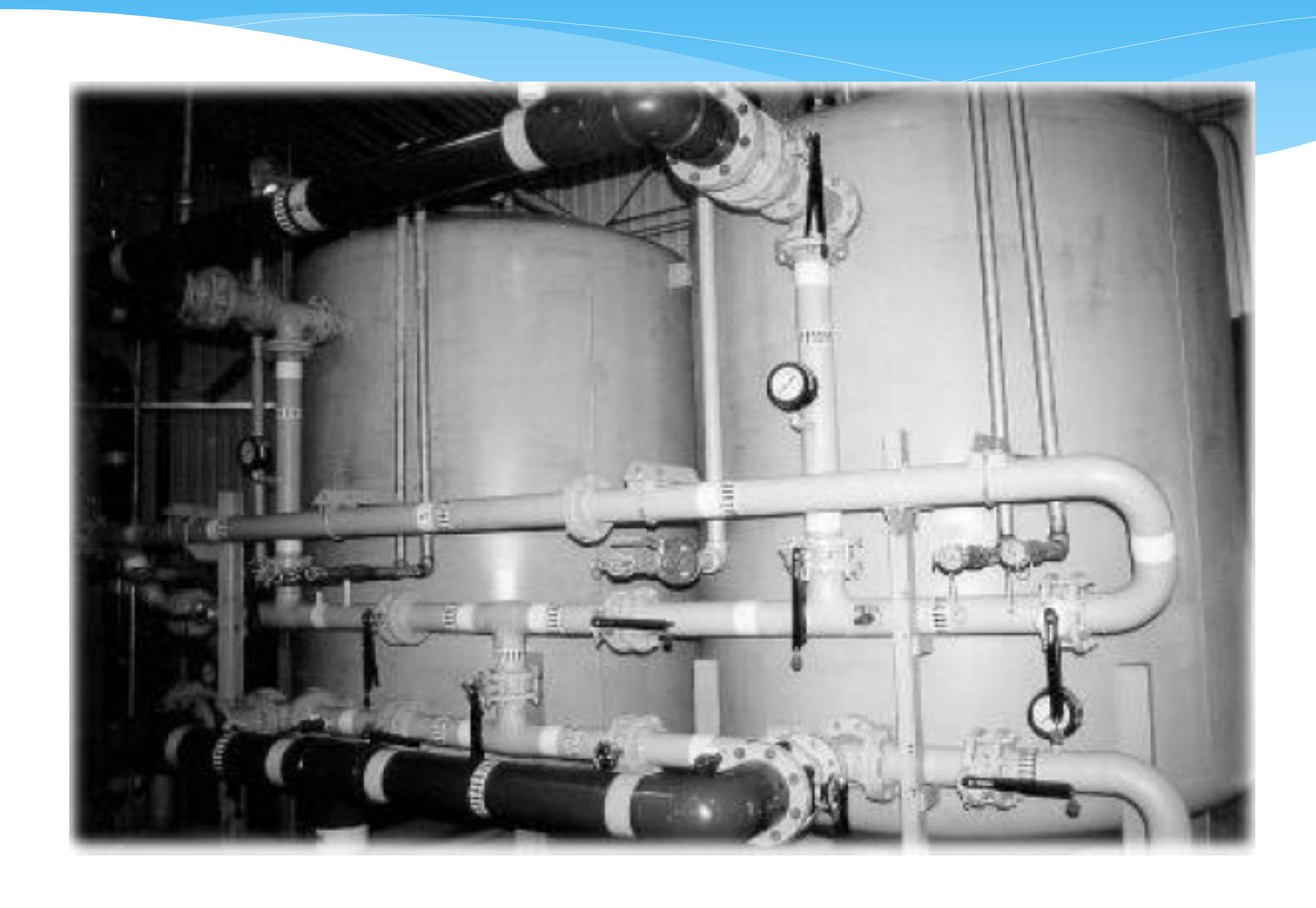
Tratamiento de aguas depuradas(21%)

Decoloración del azúcar (10%).

Filtros de carbón activado

* Los filtros de carbón activado tienen las mismas características que los de arena monocapa.
* Pueden ser a presión o gravedad, etc.
* Es frecuente utilizarlos en vez de los filtros de arena, ya que efectúan los dos trabajos, remueven materia como los de arena y adsorben y eliminan desinfectantes a la vez.

Filtros de carbón activado a presión



Factores que afectan su eficiencia

* <u>Peso molecular</u>:
* Entre mayor es su peso molecular, mejor absorbe los contaminantes ya que las moléculas son menos solubles en agua.

  <u>pH</u>:
* La mayoría de la materia orgánica se adsorbe mejor a pH bajo.
* Por tanto el tamaño del lecho debe incrementarse un 20% por cada punto de pH que sobrepase a 7.

Factores que afectan su eficiencia

* Concentración del contaminante:
* La remoción es proporcional a la concentración del contaminante, ya que la probabilidad de que este penetre en los poros es mayor.
* Dureza del agua:
* La remoción de orgánicos mejora con la presencia de dureza en el agua.

Factores que afectan su eficiencia

* Tamaños de los granos:
* Los mas corrientes son:
* Grandes: 0,6 x 2,36 mm (8 x30 mesh)
* Medianos: 0,42 x 1,7 mm (12 x 40 mesh) El mas usado.
* Pequeños: 0,3 x 0,85 mm (20 x 50 mesh)
* Entre mas fino es el grano, mejor remoción produce, pero con mayor caída de presión.
* El 0,3 x 0,85 reacciona el doble de rápido que el 0,42 x 1,7 y este el doble que el de 0,6 x 2,36-

Factores que afectan su eficiencia

- <u>Caudal:</u>
- A menor velocidad, mayor tiempo de contacto y mejor rendimiento.
- Un grano de 0,3 x 0,85 mm puede trabajar al doble de velocidad que uno de 0,42 x 1,7 mm y este al doble de uno de 0,6 x 2,36 mm.

Factores que afectan su eficiencia

* Solubilidad:
* Orgánicos muy solubles en agua no serán adsorbidos por el carbón activado.
* Alcoholes de bajo peso molecular como el metanol y el etanol no se remueven dada su alta solubilidad.
* Temperatura:
* Una temperatura elevada mejora generalmente la remoción.

Número de Yodo

* Numero de Yodo:

* Es una medida del tamaño de los poros comprendidos entre 10 y 28 Angstroms.

* Indica los miligramos de Yodo adsorbidos por gramo de carbón y determina el área disponible para adsorber moléculas orgánicas de bajo peso molecular.

* Debe ser mayor que 900.

Numero de melaza

* Numero de melaza:

* Mide la efectividad con que el carbón elimina el color.

* Es la medida de la cantidad de poros mayores de 28 Angstroms, que son los responsables de eliminar moléculas orgánicas de gran peso molecular, como los taninos.

* Debe ser mayor que 210

Abrasión

* Número de abrasión:

Representa la reducción de tamaño experimentada por el grano, después de someterse a una prueba de agitación con un material mas duro.

100 significa que no ha habido reducción y 0 que se ha pulverizado completamente.

* La cascara de coco es la mas resistente: NA= 90
* Los carbones tienen números alrededor de 70
* Menos de 70 no es conveniente.

Propiedades típicas

	Bituminoso	Sub bituminoso	Lignito	Cascara de coco
Numero de Yodo	1.000 – 1.100	800 – 900	600	1.000
Numero de melaza	235	230	300	0
Numero de abrasión	80 – 90	75	60	97

Remoción de desinfectantes residuales

* El carbón activado remueve y destruye desinfectantes residuales como cloro y cloraminas a través de una reacción de reducción catalítica.
* El carbón transfiere electrones al desinfectante, o sea actúa como un reductor.
* El cloro se reduce a un inocuo ion cloruro.
* La reacción es muy rápida (30 a 40 segundos) mientras que eliminar la materia orgánica necesita mas tiempo (5 a 10 minutos).

Remoción de desinfectantes residuales

* La reacción con las cloraminas es mas lenta.
* (Del orden de 6 a 10 veces mas lenta)

* La cloramina también se reduce finalmente a ion cloruro.

Carbón de 0,42 x 1,7 mm





12x40 MESH
GRANULAR ACTIVATED CARBON
LIQUID PHASE APPLICATIONS

Carbon Service and Equipment Company's virgin 12x40 mesh is a bituminous coal-based carbon. This product is designed to comply with all the applicable provisions of the AWWA Standard for Granular Activated Carbon, edition B604-96, the stringent extractable requirements of ANSI/NSF Standard 61 and the Food Chemicals Codex.

SPECIFICATIONS

US Standard Sieve Size	12x40
Greater than No.12	5.0% maximum
Less than No.40	4.0% maximum
Molasses Number	230minimum
Iodine Number (mg/g)	1000minimum
Abrasion Number	75minimum
Mean Particle Diameter (mm)	0.9 – 1.1

PHYSICAL PROPERTIES

Total Surface Area (N_2B.E.T. Method)	1000 – 1100 m^2/g
Apparent Density	0.50 g/cc minimum
Pore Volume	0.95 ml/g
Effective Size	0.60 mm
Uniformity Coefficient	1.9

The above specifications are for general information and should not be used as purchasing specifications.

PO Box 305 Eighty Four, PA 15330 • (724) 222 3334 / Fax: (724) 222 4090
PO Box 618102 Orlando, FL 32861 • (407) 313 9113 / Fax: (407) 313 9114
http://www.encotech.net

Carbón de 0,6 x 2,36 mm.





8x30 MESH
GRANULAR ACTIVATED CARBON
LIQUID PHASE APPLICATIONS

Carbon Service and Equipment Company's virgin 8x30 mesh is a bituminous coal-based carbon. This product is designed to comply with all the applicable provisions of the AWWA Standard for Granular Activated Carbon, edition B604-96, the stringent extractable requirements of ANSI/NSF Standard 61 and the Food Chemicals Codex.

SPECIFICATIONS

US Standard Sieve Size	8x30
Greater than No.8	15% maximum
Less than No.30	4.0% maximum
Molasses Number	210minimum
Iodine Number (mg/g)	900minimum
Abrasion Number	75minimum
Mean Particle Diameter (mm)	1.5 – 1.7

PHYSICAL PROPERTIES

Total Surface Area (N_2B.E.T. Method)	950 – 1050 m^2/g
Apparent Density	0.48 g/cc minimum
Pore Volume	0.85 ml/g
Effective Size	0.8 – 1.0 mm
Uniformity Coefficient	2.1 maximum

The above specifications are for general information and should not be used as purchasing specifications.

PO Box 305 Eighty Four, PA 15330 • (724) 222 3334 / Fax: (724) 222 4090
PO Box 618102 Orlando, FL 32861 • (407) 313 9113 / Fax: (407) 313 9114
http://www.encotech.net

Velocidades de operación

- Las velocidades de operación deben estar entre 10 y 24 m/h. dependiendo del tamaño del grano.
- El tiempo de contacto oscila entre 6 y 30 minutos.
- Tc = V x 60 / Q siendo:
- Tc : tiempo de contacto en minutos
- V : volumen de carbón en m^3
- Q : caudal de agua en m^3 / hora.

Contralavado

* Como cualquier otro filtro, debe ser lavado con periodicidad, para eliminar la materia acumulada.
* El espacio muerto del deposito debe ser del 50% de la altura del lecho.
* El lavado no regenera el lecho ni de-adsorbe los contaminante, solo elimina los finos formados y la suciedad acumulada como filtro que es.

Zonas del filtro

- Durante la operación, el lecho se divide en 3 zonas, saturada, adsorción y virgen.
- La zona saturada contiene carbón que ya no puede adsorber mas material.
- La zona de adsorción es la que está
- operando en este momento.
- La zona virgen es la que contiene carbón
- original, sin uso todavía.

Zona saturada

Zona adsorción

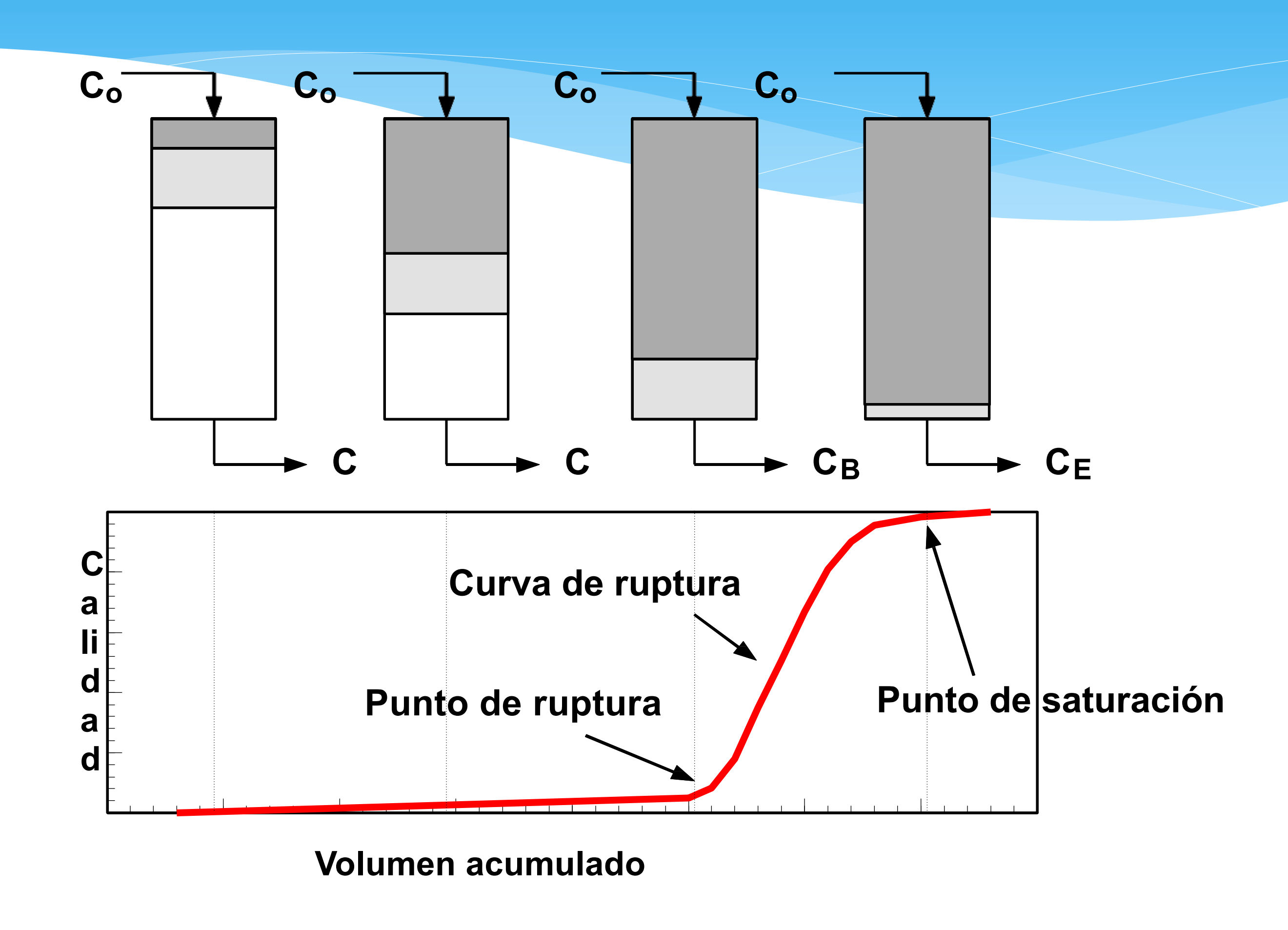
Punto de ruptura

- Cuando el frente de la zona de adsorción alcanza el fondo del deposito,la calidad del efluente comienza a empeorar.
- Este momento se llama punto de ruptura.
- La curva de calidad del efluente se llama curva de punto de ruptura.

Saturación

- Pasado el punto de ruptura la calidad del efluente empeora rápidamente, hasta que alcanza un valor definido como punto de saturación, donde el lecho se aproxima a la saturación
- Si sigue pasando agua, el lecho se satura por completo y la calidad del efluente es la misma que la del influente.

Curva de punto de ruptura



Regeneración

* Una vez que el medio está saturado, debe ser retirado y cambiado por otro nuevo.
* El carbón viejo puede sufrir tres destinos, dependiendo de su clasificación como peligroso o no.
* Si no es peligroso se puede enviar a vertedero.
* Si es peligroso, hay dos posibilidades:
* Enviarlo al fabricante para su regeneración.
* Usarlo como combustible en la producción de cemento.

Regeneración química

- La regeneración química se basa en el uso de productos químicos para producir la disolución o la oxidación de la materia acumulada en su interior.
- Los productos usados son:
  - NaOH
  - HCl
  - CCl_4
  - NaOCl
  - H_2O_2
- Esta regeneración no es muy efectiva y no se usa tanto como la térmica..

Regeneración térmica

* Consiste en someter el carbón a alta temperatura, al objeto de volatilizar y quemar la materia adsorbida.
* Durante este proceso se pierde entre el 5 y el 10% de masa de carbón.
* Igualmente se producen cambios en su morfología, aumentando el numero de poros de gran tamaño.

Regeneración térmica

Incluye varias etapas:

- Secado de 100 a 150 °C para eliminar el agua.
- Volatilización de los compuestos orgánicos ligeros de 150 a 300 °C
- Pirolisis de los compuestos orgánicos pesados a temperaturas tan altas como 800 °C
- Re-activación del carbón a temperaturas tan altas como 1040 °C en presencia de un oxidante (vapor, CO o O_2)

Valores típicos de diseño

Parameter	Symbol	Unit	Value
Volumetric flowrate	V	m^3/h	50–400
Bed volume	V_b	m^3	10–50
Cross-sectional area	A_b	m^2	5–30
Length	D	m	1.8–4
Void fraction	α	m^3/m^3	0.38–0.42
GAC density	ρ	kg/m^3	350–550
Approach velocity	V_f	m/h	5–15
Effective contact time	t	min	2–10
Empty bed contact time	EBCT	min	5–30
Operation time	t	d	100–600
Throughput volume	V_L	m^3	10–100
Specific throughput	V_{sp}	m^3/kg	50–200
Bed volumes	BV	m^3/m^3	2,000 20,000